

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-014450

**(43)Date of publication of application : 15.01.2003**

G01B 21/22  
B62D 6/00  
G01P 3/489  
// B62D101:00  
B62D113:00

(71)Applicant : FUJI HEAVY IND LTD

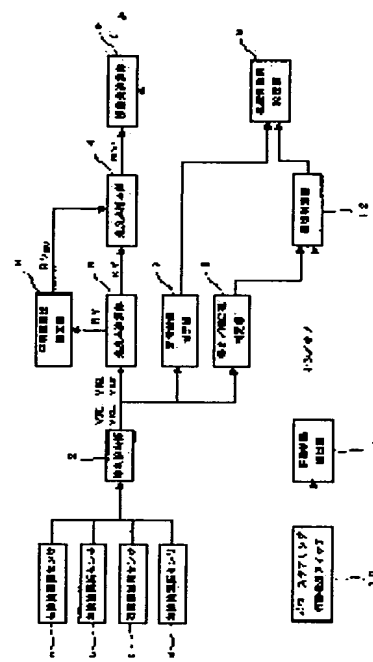
(72)Inventor : SAKAKIYAMA RYUZO

## (54) STEERING ANGLE ESTIMATION DEVICE FOR VEHICLE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To detect a steering angle having a reduced error with a small quantity of operation.

**SOLUTION:** A speed detection part 2 detects the respective rotating speeds of left and right wheels based on the outputs from rotational sensors 1a–1d. A speed ratio arithmetic part 3 calculates the rotating speed ratio of the detected rotating speed of left wheel and rotating speed of right wheel. A steering angle arithmetic part 5 calculates a steering angle corresponding to the calculated rotating speed ratio according to a preset relation between rotating speed ratio and steering angle, typically to a linear functional relation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-14450

(P2003-14450A)

(43)公開日 平成15年1月15日 (2003.1.15)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テーム(参考)

G 0 1 B 21/22

G 0 1 B 21/22

2 F 0 6 9

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 6/00

3 D 0 3 2

G 0 1 P 3/489

G 0 1 P 3/489

D

// B 6 2 D 101:00

B 6 2 D 101:00

113:00

113:00

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 7 頁)

(21)出願番号

特願2001-194491(P2001-194491)

(22)出願日

平成13年6月27日 (2001.6.27)

(71)出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72)発明者 榊山 隆三

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士

重工業株式会社内

(74)代理人 100101982

弁理士 久米川 正光

Fターム(参考) 2F069 AA86 BB21 HH30 NN26

3D032 DA24 DB05 DC01 DCD8 EA01

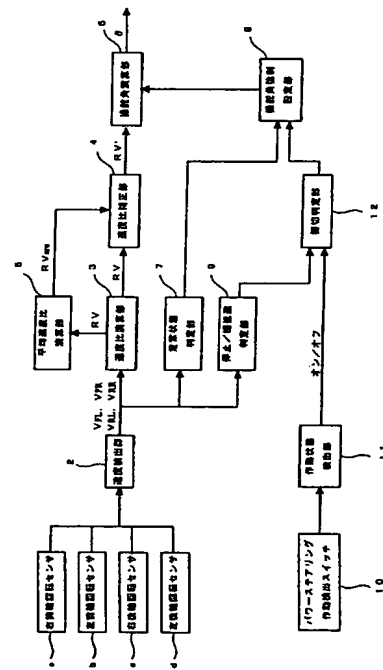
EA04 EB04

(54)【発明の名称】 車両の操舵角推定装置

(57)【要約】

【課題】少ない演算量で、誤差の少ない操舵角を検出する。

【解決手段】速度検出部2は、回転センサ1a~1dからの出力に基づいて、左右輪のそれぞれの回転速度を検出する。速度比演算部3は、検出された左輪の回転速度と右輪の回転速度との回転速度比を算出する。そして、操舵角演算部5は、予め設定された回転速度比と操舵角との関係、典型的には一次関数的な関係に従い、算出された回転速度比に対応する操舵角を算出する。



## 、【特許請求の範囲】

【請求項 1】左右輪の回転状態をそれぞれ検出する一対の回転センサを用いて、車両の操舵角を推定する車両の操舵角推定装置において、

一対の回転センサからの出力に基づいて、左右輪のそれぞれの回転速度を検出する速度検出手段と、  
前記速度検出手段により検出された左輪の回転速度と右輪の回転速度との回転速度比を算出する速度比演算手段と、

前記速度比演算手段により算出された回転速度比に基づいて、車両の操舵角を算出する操舵角演算手段とを有することを特徴とする車両の操舵角推定装置。

【請求項 2】前記操舵角演算手段は、回転速度比と操舵角との間における一次関数的な関係に従い、前記速度比演算手段によって算出された回転速度比から操舵角を算出することを特徴とする請求項 1 に記載された車両の操舵角推定装置。

【請求項 3】駆動前輪側に一対の回転センサが設けられているとともに、駆動後輪側に一対の回転センサが設けられている四輪駆動車の操舵角推定装置であって、  
前記速度検出手段は、前後左右輪のそれぞれの回転速度を検出し、  
前記速度比演算手段は、前後輪の内、駆動トルク配分が少ない方の前記回転速度比に基づいて、車両の操舵角を算出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載された車両の操舵角推定装置。

【請求項 4】4つの車輪の回転速度の関係より定常走行状態であるか否かを判定する第 1 の判定手段をさらに有し、

前記第 1 の判定手段は、定常走行状態でないと判断した場合、前記操舵角演算手段に対して、操舵角を所定の角度に強制的に設定するよう指示することを特徴とする請求項 3 に記載された車両の操舵角推定装置。

【請求項 5】停止または極低速の状態を判定する第 2 の判定手段をさらに有し、

前記操舵角演算手段は、従前に算出された操舵角を保持しており、

前記第 2 の判定手段は、停止状態または極低速状態のいずれかに該当する場合、前記操舵角演算手段に対して、操舵角を従前の操舵角に強制的に設定するよう指示することを特徴とする請求項 3 に記載された車両の操舵角推定装置。

【請求項 6】前記第 2 の判定手段は、パワーステアリング作動検出スイッチがオンになった場合、前記操舵角演算手段に対して、操舵角の下限値を設定するよう指示することを特徴とする請求項 5 に記載された車両の操舵角推定装置。

【請求項 7】中高速走行時における回転速度比の平均値を算出する平均速度比演算手段をさらに有し、

前記操舵角演算手段は、前記平均速度比演算手段により

算出された回転速度の平均値によって補正された回転速度比を用いて、操舵角を算出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載された車両の操舵角推定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、左右輪の回転状態をそれぞれ検出する一対の回転センサを用いて、車両の操舵角を推定する車両の操舵角推定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】特開 2000-25476 号公報または特開平 9-178464 号公報には、操舵角センサや左右の車輪速度差から操舵状態を検出し、その状態に基づいて、四輪駆動車のデファレンシャル差動制限制御を行う技術が開示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前者は高価な操舵角センサを別途設ける必要があるため、装置のコスト上昇を招くという不都合がある。また、後者は時間間隔と位相差による算出等の制御が複雑になるという不都合がある。

【0004】本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、少ない演算量で、誤差の少ない操舵角を検出することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するために、本発明は、左右輪の回転状態をそれぞれ検出する一対の回転センサを用いて、車両の操舵角を推定する車両の操舵角推定装置を提供する。この装置は、一対の回転センサからの出力に基づいて、左右輪のそれぞれの回転速度を検出するとともに、検出された左輪の回転速度と右輪の回転速度との回転速度比を算出する。そして、予め設定された回転速度比と操舵角との関係、典型的には一次関数的な関係に従い、算出された回転速度比に対応する操舵角を算出する。

【0006】また、上記構成を有する操舵角推定装置を四輪駆動車に搭載する場合、駆動前輪側に一対の回転センサを設けるとともに、駆動後輪側にも一対の回転センサを設け、前後左右輪のそれぞれの回転速度を検出する。そして、駆動スリップによる悪影響を避けるために、前後輪の内、駆動トルク配分が少ない方の回転速度比に基づいて、操舵角を算出することが好ましい。

【0007】また、4つの車輪の回転速度の関係より定常走行状態であるか否かを判定してもよい。定常走行状態でないと判定した場合には、回転速度比から算出される操舵角を適用することなく、操舵角を所定の角度に強制的に設定することが好ましい。

【0008】また、停止または極低速の状態を判定してもよい。この場合、従前に算出された操舵角を保持しておき、停止状態または極低速状態のいずれかに該当する場合には、回転速度比から算出される操舵角を適用する

ことなく、今回の操舵角として従前の操舵角をそのまま適用することが好ましい。また、上記極低速以下の状態判定に加えて、パワーステアリング作動検出スイッチがオンになったか否かを判定してもよい。極低速以下の状態でパワーステアリング作動検出スイッチがオンになった場合には、操舵角の下限値が設定される。従前の操舵角が下限値以上の場合には、その操舵角が設定される。

【0009】さらに、中高速走行時における回転速度比の平均値を算出してもよい。この場合、この平均値で回転速度比を補正し、補正された回転速度比を用いて操舵角を算出することが好ましい。これにより、タイヤの減り具合等の影響を低減することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は、四輪駆動車用の操舵角推定装置の機能的なブロック構成図である。右前輪回転センサ1aは右前輪に設けられており、左前輪回転センサ1bは左前輪に設けられている。また、右後輪回転センサ1cは右後輪に設けられており、左後輪回転センサ1dは左後輪に設けられている。これらの回転センサ1a～1dは、例えば電磁ピックアップを用いることができ、それぞれが4つの車輪の回転状態を独立に検出する。本実施形態では、ABS（アンチロックブレーキシステム）用の車輪速センサを回転センサ1a～1dとして共用し、省センサ化を図っている。なお、二輪駆動車の場合には、スリップ等の影響が少ない非駆動側の左右輪にのみ、一对の回転センサを設ければよい。回転センサ1a～1dから出力される信号は、図2(a)に示すように正弦波であるが、その周波数は車輪の回転速度に比例して大きくなる。

【0011】速度検出部2は、回転センサ1a～1dの出力信号に基づいて、それぞれの車輪の回転速度VFR、VFL、VRR、VRLを検出する。ここで、“V”の添字“FR”は右前輪，“FL”は左前輪，“RR”は右後輪，“RL”は左後輪をそれぞれ示している。なお、以下の説明において、それぞれの車輪の回転速度を総称する場合には、添字を付することなく単に“V”と表す（後述する周期T、周波数fについても同様）。

【0012】各車輪の回転速度Vを検出するために、速度検出部2は、各回転センサ1a～1dからの正弦波を波形処理し、図2(b)に示すようなステップ信号（正弦波と同周期）に変換した上で、それぞれの周期Tを求める。周期Tと回転速度Vとは下式の関係にあるため、周期Tより回転速度Vを一義的に特定することができる。検出された各車輪の回転速度Vは、所定のサイクル（例えば10ms毎）で出力される。

【数1】 $T = 1 / f = a V$ （aは定数）

【0013】速度検出部2以降の各ブロックは、回転速度Vをベースとした演算処理を行う。ただし、上記数式1の関係より、回転速度Vの代わりに、周波数fまたは周期Tを用いて演算を行ってもよい。これらの変数f、

Tは、回転速度Vから一義的に算出される変数だからである。

【0014】速度比演算部3は、速度検出部2から出力された回転速度Vに基づいて、左輪と右輪との回転速度比RVを算出する。その際、駆動スリップによる影響を低減するために、回転速度比RVは、前後の駆動輪の内、駆動トルクが少ない方の左右輪より算出する。すなわち、後輪側よりも前輪側の方が駆動トルクが少ない場合には、下式に従い、右前輪の回転数VFRと左前輪の回転数VFLとに基づいて、回転速度比RVを算出する。

【数2】 $RV = VFR / VFL$

【0015】これに対して、前輪側よりも後輪側の方が駆動トルクが少ない場合には、下式に従い、右後輪の回転数VRRと左後輪の回転数VRLとに基づいて、回転速度比RVを算出する。

【数3】 $RV = VRR / VRL$

【0016】なお、周期Tの比より回転速度比を算出してもよい（RVが逆数になる）。

【0017】回転速度比RVは、左右輪の回転速度が同一の場合、すなわち、直進走行時には理論的には1.0になる。車両が右旋回する場合、回転速度比RVは1.0よりも大きくなり、旋回半径が小さいほど大きな値となる。また、車両が左旋回する場合、回転速度比RVは1.0よりも小さくなり、その旋回半径が小さいほど小さな値となる。つまり、左右旋回のいずれの場合であっても、旋回半径が小さくなる程、基準値1.0からのオフセット量が大きくなる。なお、二輪駆動車の場合、回転速度比RVは、非駆動側の左右輪より算出する。

【0018】速度比補正手段4は、速度比算出部3において算出された回転速度比RVを補正し、補正された回転速度比RV'（以下、「補正回転速度比RV'」または単に「回転速度比RV'」という）を操舵角演算部5に対して出力する。詳細については後述するが、この補正によって、タイヤの減り具合等に起因した回転速度比RVの誤差が取り除かれる。

【0019】操舵角演算部5は、回転速度比RV'に基づいて、車両の操舵角θを算出する。図3は、車両旋回時における車輪C～Fのトレースモデルを示す図である。ステアリング機構に関する一般的な理論であるアッカーマン・シャントの理論を適用する。ここで、車両軸間距離をL、両軸のキングピン間距離をK、内輪舵取り角をα、外輪舵取り角をβとすると、舵取り角と旋回中心との関係は下式のようになる。

【数4】 $FO / CF = \cot \alpha$

$EO / DE = \cot \beta$

$CF = DE$

$\therefore FO / EO = \cot \alpha / \cot \beta$  (1)

【0020】FO、EOは、それぞれ内外輪の回転半径であるが、単位時間当たりの移動量で考えると、式(1)の左辺は速度比といえる。一方、式(1)の右辺はそれぞ

れ舵取り角であり、ステアリング操舵角  $\theta$  によって一義的に決まる値である。換言すると、式(1)は、内外輪の速度比が求まれば、予め設定された関係式より操舵角を一義的に算出できることを示している。図4は、回転速度比と操舵角との関係を示しており、比較的単純な一次関数的な関係を有している。

【0021】操舵角演算部5は、回転速度比  $R V'$  と操舵角  $\theta$  との間における一次関数的な関係に従い、入力した回転速度比  $R V'$  に対応する操舵角  $\theta$  を出力する。両変数  $R V'$ 、 $\theta$  間の関係は、シミュレーション或いは実験等を通じて作成された、操舵角算出マップ或いは一次関数式により予め設定されている。操舵角算出マップを用いる場合、コンピュータ内におけるROMの一連のアドレスに両変数  $R V'$ 、 $\theta$  の対応関係をメモリしておく。操舵角演算部5で算出された操舵角  $\theta$  は、四輪のトルク配分制御、パワーステアリングの操舵力の制御、或いは車両の運動制御等を含む各種制御に用いることができる。

【0022】なお、操舵角演算部5は、所定のサイクル（例えば10ms毎）で操舵角  $\theta$  を出力するが、後述する理由により、適切に算出された従前の1サンプルを保持している。

【0023】ところで、車両直進時において、回転速度比  $R V$  は理論的には1.0となる。しかしながら、タイヤの減り具合は車輪毎に微妙に異なるため、左右の車輪の回転半径は必ずしも一致しない。そのため、実際には直進時であっても、回転速度比  $R V$  が理論値1.0から僅かにズレていることが多い。そこで、平均速度演算部6において、回転速度比  $R V$  の統計的な平均化処理を行い平均回転速度比  $R V_{ave}$  を求めるとともに、速度比補正部4において、この速度比  $R V_{ave}$  を用いて回転速度比  $R V$  を補正している。

【0024】具体的には、平均速度比演算部6は、中高速（例えば60km/h以上）の条件下において、速度比演算部4で算出された回転速度比  $R V$  を所定のサンプル数（例えば1000個）保持する。そして、図5に示すように、保持されたサンプル群の出現度数の分布を求め、最も頻出頻度が高い回転速度比  $R V$  ( $\approx 1.0$ ) を平均回転速度比  $R V_{ave}$  とする。経験則上、中高速の走行時では直進状態が大半なため、統計的な見地から、最頻出現度数となる回転速度比  $R V$  の値を直進時の値  $R V_{ave}$  とみなすことができる。

【0025】速度比補正部4は、下式に従い、平均回転速度比  $R V_{ave}$  に基づき回転速度比  $R V$  を補正する。そして、操舵角演算部5は、補正回転速度比  $R V'$  を用いて、操舵角  $\theta$  を算出する。左右輪の回転半径の影響を取り除くことで、精度の高い操舵角  $\theta$  を算出することができる。

【数5】  $R V : R V' = 1.0 : R V_{ave} (\approx 1.0)$

$\therefore R V' = R V / R V_{ave}$

【0026】また、悪路走行時、段差通過時、スリップ時、或いは急ブレーキ時といった定常走行状態でない場合には、たとえ直線路を走行中であっても車輪の回転速度  $V$  が変動するため、操舵角  $\theta$  を適切に算出することが困難になる。そこで、定常状態判定部7と操舵角強制設定部8とを追加し、操舵角  $\theta$  を適切に算出し得る定常走行状態にあるか否かをモニタリングするとともに、定常走行状態でない場合には所定の操舵角に強制的に設定する。

【0027】具体的には、定常状態判定部7は、下記の条件3つのをすべて満たすならば定常走行状態（操舵角  $\theta$  を適切に算出し得る状態）と判断し、一つでも満たさないならば非定常走行状態（操舵角  $\theta$  を適切に算出するの困難な状態）と判断する。

（定常走行状態の判定条件）

(1) 4つの車輪の回転速度  $V$  が転舵走行中の関係（前外輪速 > 後外輪速 > 前内輪速 > 後内輪速）を満足すること

(2) 前左右輪の回転速度比 ( $V_{fr}/V_{fl}$ ) が1.0よりも大きいならば、後左右輪の回転速度比 ( $V_{rr}/V_{rl}$ ) も1.0よりも大きいこと。前左右輪の回転速度比 ( $V_{fr}/V_{fl}$ ) が1.0以下ならば、後左右輪の回転速度比 ( $V_{rr}/V_{rl}$ ) も1.0以下であること

(3) 前左右輪の回転速度比 ( $V_{fr}/V_{fl}$ ) と後左右輪の回転速度比 ( $V_{rr}/V_{rl}$ ) との差の絶対値  $| (V_{fr}/V_{fl}) - (V_{rr}/V_{rl}) |$  が所定の判定しきい値（例えば0.1）以下であること

【0028】定常状態判定部7は、定常走行でない状態を検出した場合には、操舵角強制設定部8に対してその旨を通知する。これを受けて、操舵角強制設定部8は、操舵角  $\theta$  を所定角  $\theta_1$  に強制的に設定するように、操舵角演算部5に指示する。操舵角演算部5は、回転速度比  $R V'$  より特定される操舵角  $\theta$  の代わりに、所定角  $\theta_1$  を強制的に設定・出力する。なお、所定角  $\theta_1$  の値は、操舵角  $\theta$  を用いる後段の制御内容に応じて設定するが、直進として処理する方が安全性が高い制御では0°に設定することが好ましい。

【0029】さらに、上述した回転速度比  $R V$  を適切に算出できない停止時または極低速時においても、操舵角  $\theta$  を適切に算出することが困難になる。そこで、停止／極低速判定部9、パワーステアリング作動検出スイッチ10のオン／オフを検出する作動状態検出部11、および据切判定部12とを追加し、停止時または極低速時には、所定の操舵角に強制的に設定する。

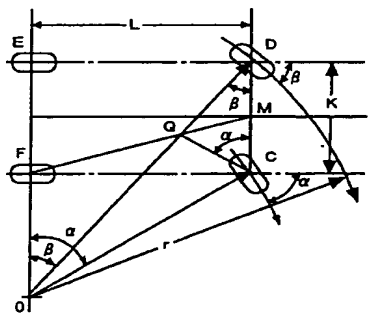
【0030】具体的には、まず、停止／極低速判定部9は、速度検出部2からの回転速度  $V$  をモニタリングして、回転速度比  $R V$  を算出できない状態、すなわち、停止または極低速（例えば2km/h以下）であるか否かを判断する。そして、このような極低速以下の状態になった場合、この判定部9は据切判定部12を介して、その旨

を操舵角強制設定部 8 に通知する。これを受けた操舵角強制設定部 8 は、ステアリングを据え切っている場合を除いて、操舵角演算部 5 に保持されている従前の操舵角  $\theta_{n-1}$  を今回の操舵角  $\theta_n$  として出力するように、操舵角演算部 5 に指示する。操舵角演算部 5 は、回転速度比  $R V'$  より特定される操舵角  $\theta_n$  の代わりに、従前の操舵角  $\theta_{n-1}$  を出力する。

【0031】一方、据切判定部 12 は、パワーステアリングが据え切られた状態、すなわち、極低速以下の状態でパワーステアリングが切られたか否かを判断する。パワーステアリングの作動状態は、作動状態検出部 11 においてパワーステアリング作動検出スイッチ 10 のオン／オフをモニタリングすることによって可能となる。すなわち、パワーステアリングの転舵が所定角度以上になると、パワーステアリング作動油圧を検出するパワーステアリング作動検出スイッチ 10 がオンになる。作動状態検出部 11 がこのオン状態を検出すると据切判定部 12 に対してその旨を通知する。据切判定部 12 は、極低速以下の状態でパワーステアリング作動検出スイッチ 10 がオンになった場合には据え切りと判定し、操舵角  $\theta$  の下限値  $\theta_2$  を設定するように操舵角強制設定部 8 に指示する。そして、操舵角強制設定部 8 からの指示を受けて、操舵角演算部 5 は、回転速度比  $R V'$  より特定される操舵角  $\theta$  の値が下限値  $\theta_2$  よりも小さいならば下限値  $\theta_2$  を出力し、下限値  $\theta_2$  以上の場合には操舵角  $\theta$  をそのまま出力する。なお、下限値  $\theta_2$  は、操舵角  $\theta$  を用いる後段の制御内容に応じて設定するが、トランスファートルクの差動制限を弱める方向の制御を行う場合には  $180^\circ$ （大舵角）に設定することが好ましい。

【0032】本実施形態では、左右車輪の回転速度比  $R V'$  と操舵角  $\theta$  との間における一次関数的な関係より、回転速度比  $R V$  を入力として操舵角  $\theta$  を一義的に算出す

【図 3】



る。したがって、比較的少ない演算量で、誤差の少ない操舵角  $\theta$  を算出することができ、応答性にも優れている。

【0033】また、本実施形態では、高価な操舵角センサを新たに追加する必要がなく、既存の ABS 用車輪速センサを利用してシステムを構築できる。したがって、本実施形態に係るシステムを安価に実現できる。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、少ない演算量で操舵角を検出することができ、推定される操舵角の誤差が少なく、かつ、操舵角推定の応答性にも優れている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施形態に係る操舵角推定装置の機能的なブロック構成図

【図 2】回転センサの出力信号の処理を示す図

【図 3】車両旋回時における車輪のトレースモデルを示す図

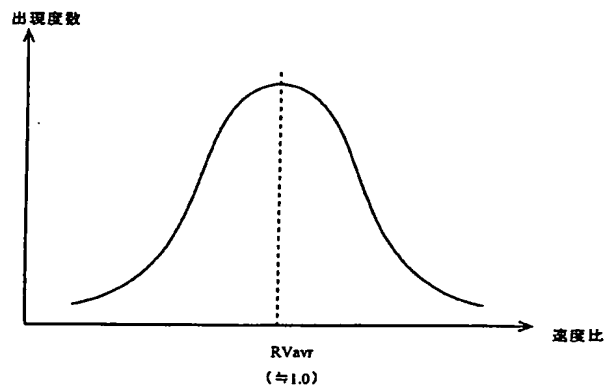
【図 4】回転速度比と操舵角との関係を示す説明図

【図 5】平均速度の算出方法を示す図

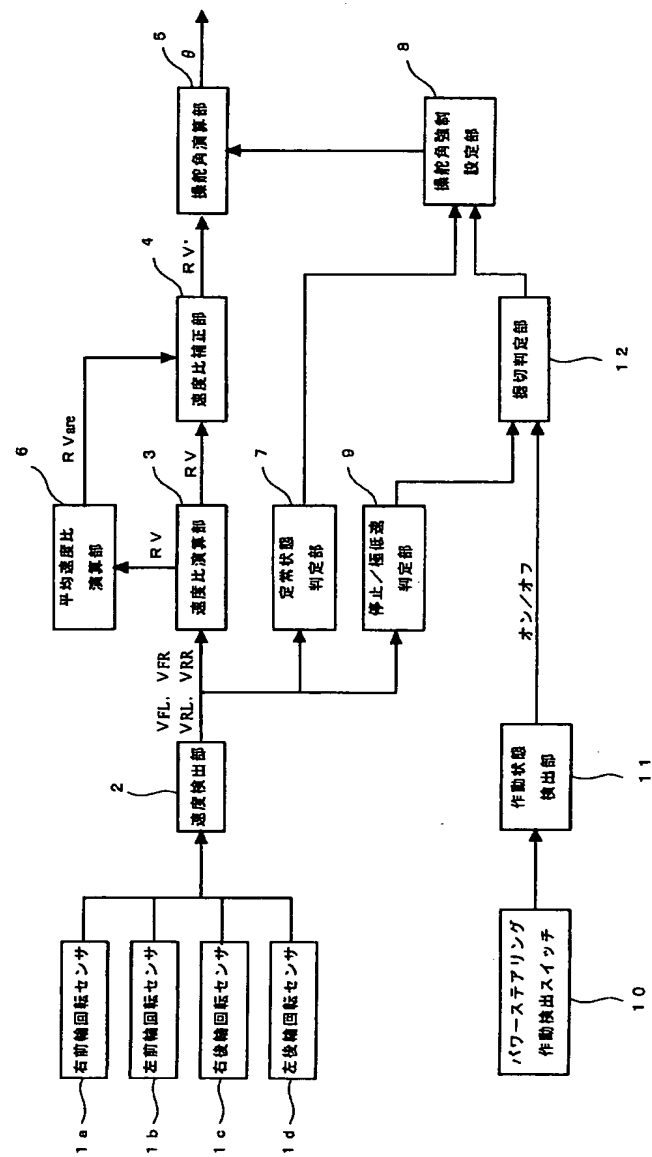
【符号の説明】

- 1 a ~ 1 d 回転センサ、
- 2 速度検出部、
- 3 速度比演算部、
- 4 速度比補正部、
- 5 操舵角演算部、
- 6 平均速度比演算部、
- 7 定常状態判定部、
- 8 操舵角強制設定部、
- 9 停止／極低速判定部、
- 10 パワーステアリング作動検出スイッチ、
- 11 作動状態検出部、
- 12 据切判定部

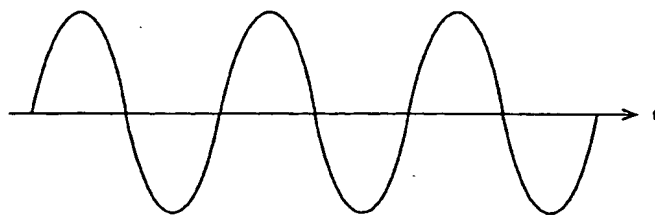
【図 5】



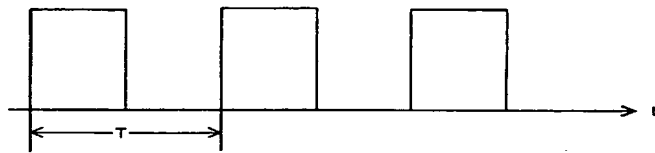
【図1】



【図 2】



(a)



(b)

【図 4】

